



TITLE:

Development of deterministic and stochastic models for predicting annual airborne pollen - integrating the recursive properties of masting(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Yi-Ting, TSENG

CITATION:

Yi-Ting, TSENG. Development of deterministic and stochastic models for predicting annual airborne pollen - integrating the recursive properties of masting. 京都大学, 2020, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22478>

RIGHT:

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	Yi-Ting TSENG
論文題目	Development of deterministic and stochastic models for predicting annual airborne pollen – integrating the recursive properties of masting （マスティングの再帰特性を統合した年間花粉総飛散量予測のための決定論的および確率論的モデルの開発）		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>花粉の年間総飛散量はアレルギー症対策のみならず、植物の気候変動影響や農作物の収量予測のためにも重要な指標である。花粉飛散量は、マスティングという開花強度が数年おきに高くなる現象に影響され、前年の気象因子と開花強度の二つに制御されることが知られている。マスティングを考慮した花粉飛散量の予測には、長期間にわたる継続的な観測データが必要となるが、長期的な花粉観測が可能な地域は限られているため、従来の研究では年間総飛散量の変動は明らかにされておらず、そのモデル化も十分になされていない現状にある。本論文では、カバノキ属（genus <i>Betula</i> L.）の花粉を対象として、マスティングのメカニズムを考慮した決定論的および確率論的手法に基づく年間総飛散量の予測モデルを新たに開発し、その適用性を検討した。本論文は、以下の7章から構成されている。</p> <p>第1章では、花粉症罹患率の増加とその理由を述べ、花粉の年間総飛散量の定義とこれを計測することの重要性を述べた。また、花粉の年間総飛散量を制御する要因として、前年の気象条件（気象因子）と前年の雄花量（生物因子）の二つがあることを示し、これらがどのように年間総飛散量に影響するかを説明した。さらに、本論文の目的と意義を示した。</p> <p>第2章では、既往研究を整理している。空中花粉によるアレルギー症の過去と現在の罹患率や花粉飛散量の観測手法、本研究において対象とするカバノキ属花粉のアレルギー性について述べ、医療、農業、環境分野における花粉の年間総飛散量に関する研究を整理した。また、年間総飛散量に強く影響するマスティングのメカニズムを説明し、年間総飛散量を予測する既存のモデルを紹介した。</p> <p>第3章では、花粉の年間総飛散量を予測する決定論的モデルの構築と検証を行っている。「当該年の年間総飛散量は前年の気象条件と前年の雄花量に制御される」というマスティングメカニズムの再帰特性を利用することにより、過去複数年の気象条件によって、雄花量の項を置き換え、複数年の気象条件のみで予測できるアルゴリズムを開発した。モデルの構築と検証には、北海道の20年間のカバノキ花粉の飛散量データ（1996～2015年）を使用した。その結果、（1）当該年の年間総飛散量は、前年6月の気象条件に最も影響されること、（2）正確な予測には少なくとも</p>			

も3年間の気象データが必要であること、(3) 平均日最高気温と日射量が考慮すべき気象因子であることを示し、これらの条件を満たしたモデルの有効性を示した。

第4章では、第3章において構築した決定論的モデルをスイスの9地点のカバノキ花粉の予測に適用し、その適合性を検討した。その結果、モデルの適合性は、地点ごとに異なり、標高が高いほど、また地形の起伏が大きいほど適合性が低下することを示した。そして、その原因が局所的な風や大気境界層内の対流混合によるものと考察し、花粉の空間的代表性に欠ける地点での適用に注意が必要であることを示した。

第5章では、花粉の年間総飛散量を予測する確率論的モデルの構築と検証を行っている。マस्टーイングメカニズムの特徴から隠れマルコフモデルが適用可能であることに着眼してモデルを構築している。年間総飛散量の変動をマルコフ過程と仮定し、雄花形成に関わる前年の気象条件を観測値系列に割り当てた。教師データに基づいて、3段階の花粉の年間総飛散量レベルの遷移確率と、気象条件への出力確率を求めて、尤度が最も高い年間総飛散量レベルの変動を予測した。第3章で用いた北海道のカバノキ花粉の年間総飛散量に適用した結果、3段階の花粉量レベルの推定が可能であることを示した。

第6章では、提案された決定論的および確率論的モデルの土台となるマस्टーイングメカニズムの再帰特性を再整理し、ニーズに応じたモデルの適用可能性を論じた。たとえば、決定論的モデルは、花粉の年間総飛散量自体を予測できるため、年間総飛散量を因子として予測する花粉症の罹患率や作物の収量予測などに適用できることを示した。一方、確率論的モデルは、花粉の年間総花粉量レベルの確率を提供できるため、医師やアレルギー患者による花粉に対する行動の意思決定のプロセスに役立つことを示した。

第7章では、本論文を要約している。花粉の年間総飛散量あるいは飛散量レベルを予測するために提案された決定論的および確率論的モデルに必要なデータが気象条件のみである点でモデルの適用性が高いことを強調している。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて

て、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

花粉の年間総飛散量は、花粉症対策や作物の収量予測などにとって重要な指標であるが、長期間の観測データが限定されているために、十分に信頼できる予測モデルの構築には至っていない状況にある。本論文は、対象とする年の花粉の総飛散量が前年の気象条件と雄花量に依存するマस्टィングの特徴を考慮することにより、新たに開発した二つのタイプの予測モデルについて論じたものである。本論文について評価される点は以下のとおりである。

1. 当該年の花粉の年間総飛散量を予測するために、マस्टィングの再帰特性を利用した決定論的モデルを開発し、その有効性を示した。このモデルの入力値は当該年から遡る数年の気象データ（気温と日射量）のみであり、利用しやすいものである。
2. 当該年の花粉の年間総飛散量レベルの確率を予測するために、開花現象を隠れマルコフ過程によりパラメータ化した確率論的モデルを開発し、その有効性を示した。長期間観測データを教師データとしてモデルが構築できれば、前年の気象データのみから予測が可能である。
3. 決定論的モデルを複数地点に適用した結果、地形条件によって引き起こされる大気の動きが花粉の観測値の空間代表性に影響を与えることを示した。この点は、花粉の観測地点設定の際の参考となる。

以上のように、本論文は、花粉の年間総飛散量を予測するために、マस्टィングの特徴を利用して過去の気象条件のみを入力値とした適用性の高い決定論的および確率論的モデルを構築し、観測結果からその有効性を示したものであり、花粉飛散量の予測手法の発展に大きく貢献するものである。これらの成果は、地域環境科学、大気生物学、大気環境学の発展に寄与するところが大い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和2年1月23日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）